Download from The Biodiversity Heritage Library http://www.biodiversitylibrary.org/; www.biologiezentrum

Die physikalische Beschaffenheit des pflanzlichen Protoplasma.

Von Dr. **Wilhelm Velten.**

Über die physikalische Beschaffenheit des Protoplasma wissen wir noch sehr wenig Sicheres. Es ist daher berechtigt, Ansichten über diesen Gegenstand geltend zu machen, wenn denselben eine Summe von Erfahrungen zu Grunde liegt.

Ich habe es mir nicht zum Vorwurf gemacht, in die Eigenschaften des verschiedenartigen oder den verschiedensten Pflanzentheilen zukommenden Protoplasma einzutreten; es sei in der Hauptsache das Augenmerk auf dasjenige Bild gerichtet, das wir uns ganz gewöhnlich vorstellen, wenn von Lebenserscheinungen desselben die Rede ist, also vorzugsweise das in Thätigkeit begriffene gesunder ausgebildeter Zellen von Haargebilden, Blättern, niederer Organismen, von Stengeln und Wurzelgrundgeweben, Zellen des Cambium u. s. f. — Bei allen diesen protoplasmatischen Körpern zeigt sich eine gewisse Übereinstimmung der Erscheinungen, und es hat vor Allem Werth sich über die physikalische Beschaffenheit dieser fertigen Zustände so klar wie möglich zu werden.

Die Consistenz dieser Protoplasmakörper wird nun von dem einen Forscher als schleimig oder zähflüssig bezeichnet; ein anderer spricht von einem dicklichen Schleime; ein dritter erklärt dasselbe weder für fest noch flüssig und nennt es desshalb festflüssig oder halbflüssig. Ganz vereinzelte Gelehrte sind der Ansicht, man dürfe die Frage nach dem Aggregatzustande des Protoplama gar nicht stellen.

Mit den bezeichneten Erklärungen können wir uns offenbar nicht zufrieden geben. Es wird sich im Weitern zeigen, ob und wiefern wir ein Recht haben, nach dem Aggregatzustande oder der Consistenz des Protoplasma zu fragen.

Download from The Biodiversity Heritage Library http://www.biodiversitylibrary.org/; www.biologiezentrum

Wir wissen sehr genau, dass das Protoplasma sich in sehr verschiedenen und doch wieder nur innerhalb bestimmter Grenzen bewegter Formen auftritt. Dieses Festhalten einer Form setzt offenbar einen festen Aggregatzustand des ganzen Körpers oder eines Theiles desselben voraus. Gleichzeitig gewahren wir aber an demselben Körper, der durch den genannten Umstand weit mehr den Eindruck des Festen als des Zähflüssigen macht, eine grosse Beweglichkeit der Theilchen, welche mit Evidenz auf einen flüssigen Aggregatzustand schliessen lässt. Nehmen wir nun das Protoplasma als eine einheitliche Masse an, so gerathen wir in einen Widerspruch in sich selbst hinein, und um diesen aufzuheben bliebe nichts übrig, als einen neuen den Physikern selbst noch unbekannten vierten Aggregatzustand zu supponiren, welcher erst näher zu erörtern wäre. Statt zu dieser paradoxen Schlussfolgerung zu greifen, ziehe ich vor, die eigenthümlichen Erscheinungen des Plasma auf das physikalisch Bekannte zurückzuführen.

Nach der vorhin angegebenen Thatsache, welche sogleich noch weiter zu erhärten sein wird, ist nur eine Schlussfolgerung möglich, dass wir nämlich unbedingt innerhalb des Protoplasma mindestens zwei Körper besitzen, welche einen gänzlich verschiedenen Aggregatzustand haben müssen. Diese beiden Körper werden umsomehr in dem Grade des Flüssigen und Festen auseinander liegen, je schärfer wir in ein und demselben Augenblicke den Eindruck von Festsein und leichter Verschiebbarkeit an ein und demselben Objecttheil in uns aufnehmen.

Ich stimme mit Hanstein[1] vollständig überein, wenn derselbe, statt von einer dünnflüssigen Stromsubstanz des Protoplasma zu sprechen, einen Vergleich zieht mit Querschnüren, die leiterartig ausgespannt sind. In der That sprechen die passiven Bewegungen ganzer Fäden entschieden für einen solchen Vergleich, womit nur gesagt sein soll, dass der Körper irgendwie fest sein muss; ja, es gibt Erscheinungen, welche geradezu dem Begriffe des Zähflüssigen widersprechen, die die Bezeichnung als zähflüssig unhaltbar erscheinen lassen.

---

[1] Hanstein. Sitzungsberichte der niederrheinischen Gesellschaft in Bonn. 1870. p. 222.

Download from The Biodiversity Heritage Library http://www.biodiversitylibrary.org/; www.biologiezentrum

Wenn man sich z. B. solche Blattzellen der *Elodea canadensis* aussucht, welche Rotation zeigend gleichzeitig noch das Innere der Zelle durchziehende Protoplasmafäden erkennen lassen, so wird man gewöhnlich bemerken, dass diese Fäden durch den Rotationsstrom nicht beeinflusst werden, woraus zu schliessen ist, dass dieselben einer ruhenden Wandpartie aufgelagert sind. So ist es aber nicht immer; man beobachtet zuweilen, dass sie plötzlich umhergetragen werden, und hat man das Glück, einen Faden zu sehen, welcher durch den Wandstrom beiderseits derart verschoben wird, dass seine Theile nothwendig zusammengedrängt werden müssen, so gewinnt man die Überzeugung, dass dieser sich gerade so biegt, wie es ein Seil oder besser ein äusserst zäher, also fester Körper in gleichem Falle thun würde. Derselbe Erfolg tritt ein, ob in demselben Moment der Faden als solcher Bewegung ausführt oder nicht. Wir haben also hier einen Fall, wo Beweglichkeit und Biegsamkeit an demselben Körper in demselben Moment vorhanden ist. [1] — Rechnen wir einfach diese Eigenthümlichkeit unter den Begriff Organisation, ohne zu fragen, wie diese Erscheinung zu Stande kommen kann, so ist durch diesen Begriff noch nicht viel gewonnen.

Obgleich Brücke[2] in bestimmter Weise darauf aufmerksam gemacht hat, dass das Protoplasma weder fest noch flüssig sei, so hat man doch noch meist derartige Ausdrücke für die Gesammtmasse beibehalten, und nur der Umstand, dass Brücke sich von einem weiteren Eingehen auf den thatsächlichen Aggregatzustand des ganzen Körpers oder der Theile desselben fern gehalten hat, mag Grund sein, dass man kaum mehr wagte, diese Fragen eingehend zu erörtern. Es scheint lediglich nur Reichert[3] zu sein, welcher in einer Erwiderung der Brücke-schen Aufstellungen die aufgeworfenen Fragen schärfer ins Gesicht fasste. Es wird sich im Weiteren zeigen, dass ich in Bezug auf die primären Fragen für das pflanzliche Protoplasma

---

[1] Dass sich auch ein Wasserstrahl biegen lässt, kann hier nicht in Betracht kommen, weil bei einem solchen gleichsinnige Bewegung obwaltet.

[2] Brücke. Sitzungsberichte der k. Akademie der Wissenschaften zu Wien. 1861. Bd. 44. p. 381.

[3] Reichert. Reichert's und du Bois-Reymond's Archiv. 1863. p. 86.

Download from The Biodiversity Heritage Library http://www.biodiversitylibrary.org/; www.biologiezentrum

auf einem ähnlichen Standpunkte stehe, wie er von Reichert für das der Thiere vertreten wurde.

Nägeli[1] und Schwendener machen darauf aufmerksam, man dürfe in dem Ausdrucke halbflüssig, auf Plasmagebilde angewendet, nicht etwa einen Widerspruch mit der Annahme einer Organisation erblicken, da derselbe sich einzig und allein auf die Consistenz, nicht auf den inneren Bau beziehe. Diese Auffassung ist zweifellos so lange richtig, als die Organisation derart ist, dass halbflüssige Theile zu einem kunstreichen Baue zusammengefügt sind; den Ausdruck kunstreich zu erklären, führt aber immer zu mehr oder weniger natürlichen Hypothesen, bei welchen man endgiltig immer wieder auf einen festen Aggregatzustand zurückkommt, und sobald eben mehr oder minder zwingende Gründe vorhanden sind, in einem den Eindruck einer Flüssigkeit darbietenden Körper feste Theile, ein festes Skelet anzunehmen, so kann man schliesslich nur von der Consistenz, welchen Ausdruck ich in dem Sinne von Aggregatzustand nehme, der zusammensetzenden Theile reden, nicht aber von dem Gesammteindrucke, den ein zusammengesetzter Körper macht, weil der erstere sehr variabel sein kann, je nachdem mehr die einen oder anderen Theile für das Auge in Action treten. Es leuchtet wohl auch ein, dass ein Aufbauen der Protoplasmatheile gegen die Richtung der Schwerkraft nur durch die Aufrichtung eines festen Gerüstes zu Stande kommen kann, zwischen welchem bewegliche Theile aufwärts wandern, um dort zum Theile ihren Aggregatzustand vom Flüssigen zum Festen zu verändern.

Ich habe ferner nachgewiesen, dass die verschiedenen Inhaltsgebilde der Elodeablattzellen, welche doch sicherlich nicht alle ein und dasselbe specifische Gewicht haben können, sich nicht aus ihrer Lage bringen lassen, wenn man dieselben der Centrifugalkraft aussetzt. Da die letztere sich proportional dem Gewichte der rotirenden Körper verhält, so müsste eine bestimmte Lagerung der Inhaltstheile, selbst von zähen nicht mischbaren Flüssigkeiten, eintreten, wie auch vor Allem das Protoplasma sich an diejenige Wand der Zelle begeben müsste, welche

---

[1] Nägeli und Schwendener. Mikroskop, p. 552.

Download from The Biodiversity Heritage Library http://www.biodiversitylibrary.org/; www.biologiezentrum

dem Rotationscentrum am entferntesten liegt; zum Mindesten müsste dies bei den das Innere durchziehenden Fäden eintreten.

Dieser Fall resultirt nun nicht.[1] Die bleibende Lagerungsweise zeigt, dass die Verschiebbarkeit der Theile des Protoplasma in gewissen Richtungen nur durch das Object selbst möglich ist, dass wir die Theile nicht verschieben können, dass dasselbe für uns sich als fest herausstellt.

Die genannten Erscheinungen zwingen zu dem Schlusse: In dem Protoplasma befindet sich ein mehr oder weniger zusammenhängender Körper, welcher den festen Aggregatzustand besitzt, welch' letzterer mit dem des flüssigen zeitweise vertauscht werden kann. Je mehr das Protoplasma in den angegebenen Fällen den Eindruck einer Flüssigkeit macht, einen um so festeren Aggregatzustand muss im Allgemeinen derjenige Theil besitzen, der die Ursache der Form ist.

Was nun den flüssigen Aggregatzustand eines Theiles der Plasmamasse anbelangt, so bedarf es keines Beweises, dass gewisse Theile und vielleicht der beiweitem grösste Procentantheil flüssig, und zwar zähflüssig ist, denn wir sehen direct die enorme Beweglichkeit desselben, wie sie nur bei einem flüssigen oder gasförmigen Medium vorausgesetzt werden kann. Die Annahme, dass das lebende Protoplasma nur scheinbar den Eindruck einer Flüssigkeit mache, insoferne bei einem mehr oder minder festen Körper ein ähnliches Bild entgegentreten könnte, als die bewegenden Kräfte im Verhältnisse zu der Masse, welche bewegt werden soll, enorm gross zu denken wären, wobei eben nicht nur das Gewicht und die Reibung, sondern auch noch die Cohäsionskraft der zu einem durchgängig festen Bau vereinigten Theilchen zu überwinden wäre, ist kaum gerechtfertigt, weil nothwendig eigenthümlich gebaute Gänge bei den meisten Ortsveränderungen der kleinen Theilchen entstehen müssten, von denen wir mit dem besten Willen nichts wahrnehmen können.

---

[1] Er kommt nur bei contrahirten Plasmakugeln vor, welche als Ganzes der Centrifugalkraft folgen, wodurch nur bewiesen wird, dass das Protoplasma schwerer ist als die Intracellularlösung. Regensburger Flora. 1873. p. 101. Velten.

Download from The Biodiversity Heritage Library http://www.biodiversitylibrary.org/; www.biologiezentrum

Es frägt sich nun, wodurch ist dieser obbezeichnete nicht nur gedachte, sondern direct erschliessbare feste Aggregatzustand des sich in der Mehrzahl der Fälle als flüssige Masse aufdrängenden Protoplasma bedingt. Ist dasselbe mit einer starren Hülle versehen, während das Innere flüssig ist? oder: Ist dasselbe eine zähflüssige Masse, die an verschiedenen Punkten durch eine uns noch nicht näher bekannte Kraft (jedenfalls aber eine ziehende oder stossende, welche sich zwischen den Theilchen geltend macht) verhindert wird, sich der Kugelgestalt zu nähern? oder: Besitzt der Körper ein festes Skelet oder Gerüst, welches selbst aus seinem starren Zustande durch noch näher zu bezeichnende Bedingungen in einen verschiebbaren Zustand übergehen kann?

Die erstere Anschauung ist speciell durch Hanstein vertreten. Für diesen Forscher geht die Gestaltung des Protoplasma nur aus der relativ festen Hülle desselben hervor; innerhalb derselben kann man nach ihm hier und da auch noch festere Verbindungen annehmen; für die lebhaft sich bewegenden Theile gibt er nicht zu, dass sie die organische Gestaltung hervorrufen und bedingen könnten. Er sagt: „Dass Moleeüle, die nicht einmal so viel Anziehung zu einander haben, um eine gegebene Gestalt festzuhalten, eine neue Gestalt nach bestimmter Regel aufbauen und fortbilden sollten, ist schon physikalisch schwer einzusehen." — Die Form des Protoplasma einer membranartigen Umhüllung zu Folge erklären zu wollen, ist schon nach dem in meiner früheren Abhandlung[1] Gesagten nicht statthaft. Wenn bei bereits absterbenden Zellen, in denen das Protoplasma trotzdem noch regelmässig in bestimmten Formen seine Bewegungen vollzieht, häufig Partikelchen in den Zellsaft austreten, so wäre nach der obigen Ansicht die nothwendige Consequenz die, dass nach kurzer Zeit der flüssige Theil des Protoplasma austreten müsste, oder es würde dies mindestens theilweise geschehen; die membranartige Umhüllung und Alles, was etwa noch fest wäre, würde schliesslich allein übrig bleiben, namentlich dann, wenn wir gar die Bewegungen uns durch Contractionen verursacht denken. Zu dem kommt noch, dass wir von dieser

[1] Velten. Bau und Bewegung des Protoplasma. Flora. 1873. p. 88.

Download from The Biodiversity Heritage Library http://www.biodiversitylibrary.org/; www.biologiezentrum

membranartigen Umhüllung gegen innen weder etwas sehen noch nachweisen können, was anderseits von dem Primordialschlauche sich nicht sagen lassen würde. Bereiten wir uns durch die Verneinung Dieses auch grosse Schwierigkeiten, so halten wir uns wenigstens an das Thatsächliche.

Die zweite Fragestellung enthält eine zweite Möglichkeit. Wenn wir die Form des Protoplasma nicht auf eine starre Hülle zurückzuführen haben, so ist kein stichhaltiger Grund vorhanden, die Ursache dieser wo anders zu suchen, als in der gesammten eigentlichen Protoplasmamasse selbst. Eine unbekannte, leicht auslösbare Kraft, jedenfalls also nicht die Cohäsionskraft, welche zwischen allen Theilchen wirkt, anzunehmen, hiesse sich auf einen hypothetischen Boden begeben, auf dem die Speculation sich leicht allzuweit von den gegebenen Thatsachen entfernen könnte, so dass ich, diese Frage umgehend, die dritte als die zur Zeit allein berechtigte in den Vordergrund dränge. Ich bestreite desshalb nicht, dass diese Hypothese, wenn sie einmal auf einem sicheren Boden sich befinden sollte, vielleicht am geeignetsten sein dürfte, die complicirtesten Erscheinungen zu erklären.

Ich komme zur dritten Frage. Die Annahme eines festen Skeletes oder Gerippes innerhalb des anscheinend flüssigen Körpers und die Möglichkeit, dass flüssige Theile plötzlich in feste übergehen können, wie ich dies an dem Beispiel mit der Brücke[1] direct nachgewiesen habe, steht mit keiner, noch so wunderbaren Erscheinung, die das Protoplasma uns darbietet, in einem unlösbaren Widerspruche; es erklärt viele paradoxe Erscheinungen und genügt der Forderung, zu der man aus dem eigenthümlichen und wandelbaren Verhalten der Protoplasmakörper gezwungen ist. Das Wie glaube ich zunächst nicht auseinandersetzen zu dürfen, da hierzu die Zeit noch zu verfrüht erscheint. Es bleibt einstweilen Jedem unbenommen, sich in demselben eine Verkettung der kleinsten Theilchen, verbunden

[1] Flora. 1873. p. 124. Ein im Detail untersuchter Fall bei Cucurbitahaarzellen zeigte den plötzlichen Übergang eines flüssigen Theiles in einen festen. Es bildete sich unter meinen Augen zwischen zwei Aufhängefäden eine Brücke, die plötzlich stehen blieb, obgleich die ganze Masse des einen wie des andern Aufhängefadens für das Auge in Bewegung begriffen war.

Download from The Biodiversity Heritage Library http://www.biodiversitylibrary.org/; www.biologiezentrum

mit grösseren oder kleineren Wasserhüllen, derart vorzustellen, dass die wasserärmsten Molecüle in verschiedenster Richtung innig verbunden ein festes Gerüst darstellen, zwischen dessen Punkten wasserhaltigere Theile eingelagert sind. Den Hauptwerth möchte ich hierbei auf eine mehr gleichmässige Vertheilung der festen Partikel innerhalb des Gesammtprotoplasmakörpers legen. Die Form des Gerippes selbst muss häufig im Wechsel begriffen sein, insofern die einzelnen Theilchen oft genug auseinandergerissen werden, um an andern Orten wiederum in engere Verbindung zu treten, was man vielleicht als Verwachsen bezeichnen kann. Auf gleichem Raume werden bald eine grössere Zahl wasserärmerer oder reicherer Theile in Berührung kommen; ist das Letztere der Fall, so wird das Ganze scheinbar den Eindruck einer wahren Flüssigkeit machen, ja es müsste dies thun, obgleich das Bild lediglich durch eine eigenthümliche Verkettung von Umständen verursacht ist. Somit steht nach diesen Auseinandersetzungen fest, dass das Protoplasma feste und flüssige Theile in den kleinsten Raumtheilen nebeneinander enthält.[1]

Damit ist nun aber durchaus nicht gesagt, dass das Protoplasma eine irgendwie nennenswerthe Festigkeit besitze. Wenn man unter der letzteren den Widerstand versteht, den ein Körper der Trennung seiner Theile entgegensetzt, so ist die Festigkeit des festen Protoplasmatheiles sehr gering. Um die Theilchen zu trennen, ist aber sicher eine grössere Kraft erforderlich, als wie diejenigen des flüssigen oder zähflüssigen Antheils auseinanderzureissen. Die Festigkeit ist derjenigen des Primordialschlauches gegenüber jedenfalls kleiner. — Bei verschiedenen Plasmaobjecten ist der Grad des Flüssigen oder Festen sehr verschieden.

Gewisse Erscheinungen gibt es, welche thatsächlich direct dem Auge dem festen Aggregatzustande das Wort reden, wo der letztere Eindruck den einer flüssigen oder halbflüssigen Masse überwiegt. So zeigen sich dann und wann bei der Circu-

---

[1] Hanstein beispielsweise kommt auch, aber mit einer vollkommen anderen Anschauung zu demselben Resultat; auch für ihn ist es bewiesen, dass das Protoplasma sowohl flüssige, als weichfeste Theile nebeneinander enthält. Seine Interpretation entspricht aber, wie schon erwähnt, nicht den Thatsachen. Sitzungsberichte. Bonn. 1870. p. 222.

Download from The Biodiversity Heritage Library http://www.biodiversitylibrary.org/; www.biologiezentrum

lationsbewegung schlängelnde Motionen von feineren Protoplasmafäden abnormer oder normal befindlicher Zellen. Ähnliches kommt vor, wie ich es bestätige, bei Einwirkung hoher Temperatur oder bei elektrischen Schlägen durch das Protoplasma. Gruppen zahlreicher, feinster, freiendigender Protoplasmafäden bilden sich ferner, wenn Cucurbitahaarzellen längere Zeit unter Deckglas weilen, die wie Schwärmsporenwimpern umherpeitschen und so ihren festen Aggregatzustand als Ganzes manifestiren. Viele Beispiele, insoferne ähnliche Erscheinungen auf Zusatz diverser chemischer Reagentien zu Pflanzenzellen entstehen, wären anzuführen, wenn dieselben eben nicht bereits als abnorme aufzufassen wären.

Überaus leichtflüssig erscheint das Protoplasma bei den Characeen im älteren Stadium, überhaupt bei absterbenden oder wenigstens zurückgehenden Zellen, worauf ich nachher noch einmal zurückkehren will. Den Übergang eines festeren Zustandes des Protoplasma in einen flüssigeren können wir uns in verschiedener Weise denken; der beweglichere Zustand kann daher rühren, dass die Molecüle Wasser einlagern, entweder sämmtliche oder nur gewisse, oder die Anordnung der Molecüle wird verändert, oder aber auch die wirksamen Kräfte wachsen: im letzten Falle wird es daher nur scheinbar flüssiger. Tritt das Umgekehrte ein, so gelten entgegengesetzte Ursachen.

Die Wärmestarre beispielsweise wird erklärlich, sobald wir uns vorstellen, die Anzahl der festen Partikelchen sei im Zunehmen, welche Zunahme beim Erwärmen nicht plötzlich, wenngleich sehr rasch erfolgt. [1]

---

[1] Nachdem schon vor zwölf Jahren Sachs andeutete, dass der Wärmestarre zunächst eine Verzögerung der Protoplasmabewegung vorausgeht, habe ich dieses Gesetz früher im Nägeli'schen Laboratorium durch Zahlen belegt. (Einwirkung der Temperatur auf die Protoplasmabewegung. Reg. Flora. 1876.) In einer der neuesten Publicationen N. J. C. Müller's sagt derselbe nun (bot. Unters. IV Heft. 1875. p. 220 Anm.): „Die Geschwindigkeit der Protoplasmafäden der Ecbaliumhaare nehme mit wachsender Temperatur zu, bis die Bewegung ganz plötzlich aufhöre oder bis die Strombahn zerreisse.“ Er ist der Ansicht, die Beschleunigung werde so gross, dass die Flüssigkeitstheile aus dem endlichen Reservoir nicht schnell genug gedeckt werden könnten. Aus diesem Grunde sei es

Download from The Biodiversity Heritage Library http://www.biodiversitylibrary.org/; www.biologiezentrum

Ist nun, wie mir scheint, nach dem Vorigen bewiesen, soweit sich überhaupt hier beweisen lässt, dass wir innerhalb des Protoplasma jeweils einen Körper von festem Aggregatzustande besitzen müssen, so ist es doch noch nöthig, die Deutung einer Reihe höchst bedeutungsvoller Erscheinungen zu bekämpfen, welche scheinbar trotz alledem geeignet sind, dem Behaupteten zu widersprechen. Es gibt eine Anzahl von Forschern, welche die Consistenz und den Aggregatzustand des Protoplasma vorzugsweise aus dem Verhalten von mehr oder weniger unter abnormen Verhältnissen stehendem Plasma ableiten. So wäre zunächst zu erinnern an das Verhalten desselben in älteren Charenzellen. Dort könnte behauptet werden, dass dasselbe nicht selbständig den Raum erfüllt, dass die isolirten, im wässrigen Zellsaft nicht[1] oder noch nicht vertheilten, umherschwimmenden Protoplasmakörper, wenn sie überhaupt vorkommen, bereits durch ihre Abrundung ihre flüssige Beschaffenheit documentiren. Auch wenn man diese Zellen anschneidet, so läuft der ganze Zelleninhalt wie eine dicke Flüssigkeit aus dem Schlauche aus.[2] Es sind von Hofmeister[3] ferner eine

---

nicht möglich, das Maximum der Temperatur für die Strömung vom Optimum zu unterscheiden. — Dagegen ist nun einzuwenden, dass sich nach meinen Versuchen das Maximum vom Optimum sicher unterscheiden lässt und dass das Zerreissen keinesfalls aus den angezogenen Gründen herrühren kann, weil ja a priori sämmtliche Molecüle eine Beschleunigung erfahren, das Reservoir daher nie endlich werden kann.

[1] Vergl. Velten: Activ oder Passiv? Östr. bot. Zeitschr. 1876. Nr. 3.

[2] Schon Corti, dann Meyen (Pflanzenphysiologie I. p. 218), später Unger (Anatomie und Physiologie, p. 276) haben beobachtet, dass durch den Act des Durchschneidens der Characeenzellen die dem Leben eigenthümliche Bewegung nicht momentan erlischt, wie man dies hätte voraussetzen können. Die Erscheinung selbst erfolgt aber ganz gewöhnlich in einer etwas anderen Weise, als sie beschrieben worden ist. Unger beispielsweise sagt: Der nach der Schnittfläche gerichtete Strom fliesst zuerst aus, der andere Strom vollendet aber früher seine Bahn und folgt dann dem ersten auf seinem Wege. — Ich habe stets bemerkt, dass nach dem Durchschneiden sich sofort eine künstliche Scheide oder Querwand aus Protoplasma bildet, innerhalb welcher für kurze Zeit noch ungestört der Inhalt rotirt, während langsam von dieser Scheidewand aus das Plasma sich im Wasser vertheilt.

[3] Hofmeister. Pflanzenzelle, p. 1—146.

Download from The Biodiversity Heritage Library http://www.biodiversitylibrary.org/; www.biologiezentrum

grosse Zahl von Beispielen aufgeführt, welche direct oder indirect die zähflüssige Beschaffenheit des Protoplasma, die Consistenz eines mehr oder minder dicklichen Schleimes zu beweisen scheinen. Nägeli und Schwendener[1], gegen deren Aufstellungen es immer sehr schwer ist, plausible Gegengründe beizubringen, sagen: man überzeuge sich von der halbflüssigen Beschaffenheit der Plasmagebilde, wenn man mehrere derselben mit einander in Berührung bringe und etwas quetsche.... Sie flössen alsdann zu Plasmakugeln zusammen. Ebenso liefere die Thatsache, dass das Plasma beim Freiwerden der Schwärmsporen zuweilen in lange Fäden ausgezogen werde, welche nach dem Zerreissen in die nun getrennten grösseren Plasmamassen zurückflössen, ohne hier irgend eine Erhabenheit zu verursachen, einen Beweis zugleich für die hohe Dehnbarkeit wie für die Halbflüssigkeit der Plasmasubstanz. Von anderen Seiten wird ferner auf die Kugelbildung des im Wasser aus den Zellen austretenden Protoplasma aufmerksam gemacht. Nicht minderen Werth sollen nach der Ansicht angesehener Forscher für die Beantwortung unserer Frage die Kugelbildungen des Plasma haben, welche entstehen, wenn äussere Agentien, wie Druck, Elektricität, namentlich auch chemische Agentien, wie Glycerin, Zucker etc., auf dasselbe eingewirkt haben; ebenso auch die Kugelbildungen bei absterbenden Zellen.

Es würde zu weit führen, die grosse Zahl der im Principe meist auf dasselbe herauskommenden Thatsachen, die für die bezeichnete Gegenansicht herhalten müssen, einer Betrachtung zu unterwerfen; es genüge, die schwierigst zu entkräftigenden zu besprechen.

All' die angedeuteten Erscheinungen sind unbedingt richtig: es ist aber die Frage aufzustellen, ob das Verhalten unter solchen Bedingungen einen Fingerzeig für die Bestimmung des Aggregatzustandes des Protoplasma abgeben kann. Es sind vor Allem in erster Linie diese durch äussere Agentien hervorgerufenen Bilder abnorme Zustände des Protoplasma, und zweitens wenn wir alle Erscheinungen, bei denen dasselbe zu mehr oder weniger abgerundeten Partien in der Zelle sich ansammelt, als

---

[1] Nägeli und Schwendener. Mikroskop, p. 554.

Download from The Biodiversity Heritage Library http://www.biodiversitylibrary.org/; www.biologiezentrum

Kugelbildungen bezeichnen und damit aussagen wollen, dass in diesen Fällen das Protoplasma sich so formt, wie es seinem halbflüssigen Aggregatzustande zukommt, so werfen wir sehr verschiedene Dinge zusammen. Die Art und Weise der Kugelbildung ist je nach der Verschiedenartigkeit der wirkenden Kräfte sehr verschieden, und das Folgende möge darüber entscheiden, wie viel Werth diesen und andern Facten zukommt, um mit ihnen über den Aggregatzustand des Protoplasma discutiren zu können.

Ich beginne mit dem erst angezogenen Falle, mit dem Protoplasma älterer Characeenzellen. Was die Abrundung der erwähnten Gebilde anbelangt, so ist zu bedenken, dass in diesem extraordinären Falle das Plasma bereits im Rückschritte begriffen ist und dass die Kraft, welche dasselbe sonst in die Länge zu gestalten sucht, zu schwinden beginnt. Die Abrundung selbst ist noch kein Beweis, dass der ganze Körper einen flüssigen Aggregatzustand besitzt. Aus dem Verhalten des austretenden Körpers endlich kann aber unmöglich der Aggregatzustand abgeleitet werden, da durch den Austritt des Protoplasma zweifellos eine moleculare Störung desselben stattfindet. Es ist ein berechtigter Analogieschluss, dass das Protoplasma der Charenzellen entweder alle oder bestimmte Partien, von der Zellwand entfernt gedacht, auch seine selbständige Gestalt bewahren würde, wie dies eben für alle normalen und ausgebildeten Protoplasmakörper charakteristisch ist. Einen ähnlichen Fall von enormer Wassereinlagerung, wobei es direct bewiesen werden kann, dass durch dieselbe die selbständige Gestalt des Protoplasma nicht eingebüsst wird, finden wir bei natürlich und sehr langsam absterbenden Blattzellen der *Elodea canadensis* und *Vallisneria spiralis*. Der Wasserreichthum wurde während des Hinschwindens so gross, dass ich die Grenze des jetzt sehr voluminösen Protoplasma gegen die Zellflüssigkeit hin, die sonst so scharf zu sehen ist, kaum mehr sicher unterscheiden konnte. In dem rotirenden Protoplasma des also fast mit der Zellflüssigkeit übereinstimmenden Index des Lichtbrechungsvermögens zeigten Körnchen verschiedener Art und Stängelchen taumelnde Bewegungen. Es ist anzunehmen, dass diese während ihres Fortschreitens Molecularbewegung zeigenden Theilchen sich in

Download from The Biodiversity Heritage Library http://www.biodiversitylibrary.org/; www.biologiezentrum

Räumen befinden, die ich als Insuccationscanälchen früher[1] benannt habe und dass ein als geringer Procentantheil auftretender fester, wenngleich nicht direct wahrnehmbarer Körper die Form einhält. Es liegt in diesem Verhalten ein bemerkenswerther Unterschied, abgesehen von aller weiteren Organisation, zwischen dem Protoplasma und etwa dem Gummischleim.[2] Wenn der letztere eben noch eine gegebene Form festhaltend durch eine kleine Menge Wassers bestimmt wird, den Moleculargesetzen eines flüssigen Körpers zu folgen, bewahrt das erstere bei Aufnahme einer gleichen Wassermenge seine Form. Ferner besitzt ein Gummifaden von selbständiger Gestalt niemals gleichzeitig die Verschiebbarkeit der Theilchen, wie sie bei den Circulationsbewegung zeigenden Protoplasmafäden zu finden ist.

Hofmeister behandelt in seiner Lehre von der Pflanzenzelle, obgleich er p. 60 ausdrücklich bemerkt: „Die Vorstellung über die Mechanik der Bewegungserscheinungen des Protoplasma setze nothwendig die Annahme einer Organisation voraus, eines eigenartigen Baues desselben, welcher von dem Aggregatzustande breiartiger oder flüssiger anorganischer Körper wesentlich abweiche", das Protoplasma durchgängig als gleichartigen Körper von zähflüssiger Beschaffenheit, ja selbst die Zellbildung, die Bildung der Kerne u. s. w. werden als Tropfenbildungen aufgefasst. Durch diesen Widerspruch erhellt die Unrichtigkeit dieser Anschauung schon von selbst.

Sachs geht in seinem neuesten Lehrbuche der Botanik[3] über den Aggregatzustand des Protoplasma oder der Theile desselben offenbar absichtlich hinweg; wir erfahren in der Hauptsache nur, dass dasselbe keine Flüssigkeit sei; was dasselbe aber in der Vegetation begriffen für einen Aggregatzustand besitze, das erfahren wir nicht.

Ich komme nun zu dem bemerkenswerthesten Punkte, welcher das Hauptargument für verschiedene Forscher, auch für bereits genannte, abgibt, die zähflüssige Beschaffenheit des Protoplasma

---

[1] Velten. Regensb. Flora. 1873. p. 118.

[2] Man vergleiche auch hierüber die Ansicht von Nägeli und Schwendener. Mikroskop, p. 552.

[3] IV Aufl. p. 38.

Download from The Biodiversity Heritage Library http://www.biodiversitylibrary.org/; www.biologiezentrum

zu demonstriren; es ist die Kugelbildung. Ich unterscheide vor Allem normale und abnormale Kugelbildungen. Normale Kugelbildungen sind beispielsweise die Befruchtungskugeln. Wenn bei *Sphaeroplea annulina* das vorher in Ringen in der Zelle vorhandene Protoplasma zu kugeligen Massen sich formt, so ist dies zweifellos ein organisatorischer Vorgang; ein totaler Wechsel des Aggregatzustandes kann hier nicht eintreten, denn die Bildung der Primordialzellen geschieht nach Gesetzen, welche für die Abrundung zähflüssiger Körper nicht zutreffen. Auch sind nicht alle Fortpflanzungszellen kugelrund. Die Form der kugelförmigen Zellen muss durch den festen Aggregatzustand eines wasserarmen Protoplasmaantheils bedingt sein; wasserhaltigere Theile können nach aussen die Form ausgleichen. Endlich sehen wir in andern Fällen, wie bei der freien Zellbildung in den Eiern der *Ephedra altissima*[1], eine radiale Lagerung protoplasmatischer Körnchen zur Kernanlage werdender Zellen, wodurch der Vergleich mit einer zähflüssigen Masse, mit Tropfenbildung nicht mehr aufrecht zu halten ist.

Ähnliche Fälle haben wir durch Strasburger in dem unten bezeichneten Werke kennen gelernt. Ferner gibt es Vorgänge, die nicht minder innerer Natur sind, als die vorigen. Wenn wir unter dem Einflusse des gelben und rothen Lichtes[2] Kugelbildung in dem Protoplasma von Haarzellen wahrnehmen,

[1] Strasburger. Über Zellbildung und Zelltheilung. 1875.

[2] Lassen wir einen Lichtstrahl durch eine Schichte von in Wasser gelöstem saurem chromsauren Kali gehen, so dass die brechbarere Hälfte des Spectrums absorbirt wird, und werfen wir dieses Lichtbündel mittelst des gewöhnlichen Hohlspiegels des Mikroskops auf das Protoplasma beispielsweise der *Cucurbita-Pepo*-Haarzellen, so bemerken wir nach einiger Zeit an verschiedenen Stellen der Wand und der Fäden Anhäufungen von Protoplasma, die amöboide Bewegung nach den verschiedensten Richtungen hin zeigen. Diese mächtigen, der Kugelgestalt sich annähernden Ansammlungen bestehen an ihrem Rande fast nur aus hyalinem Protoplasma, während im Innern unzählige Körnchen hin- und herschiessen; Molecularbewegung findet hierbei nicht statt. Solch' grosse Klumpen, richtiger gesagt, gestaltete Protoplasmakörper, können frei im Innern an beiderseits dünnen, sehr dünnen Fäden hängen. Bald schwinden dieselben wieder, bald treten neue dafür auf; so geht dies Spiel lange Zeit hindurch fort und bietet ausserordentlich charakteristische Erscheinungen, welche nicht leicht mit ähnlichen vollkommen verglichen werden können. Die An-

Download from The Biodiversity Heritage Library http://www.biodiversitylibrary.org/; www.biologiezentrum

so berechtigt nichts, hieraus den Aggregatzustand des Plasma bestimmen zu wollen. Wir haben in diesem Falle mächtige Ansammlungen von Plasma, die mehr oder weniger sich der Kugelgestalt nähern, aber die amöboidartige Bewegung dieser Körper, das Durcheinanderschiessen der kleinen Körnchen innerhalb derselben lassen nicht zu, dass wir in dem gewöhnlichen Sinne von Kugelbildung sprechen.

Ferner sind die durch niedere Temperatur oder durch starke Insolation bedingten kugelähnlichen Ansammlungen des Protoplasma in den Blattzellen der *Elodea canadensis* noch unter die normalen Erscheinungen zu rechnen. Die Bewegung selbst dauert an diesen kugelförmigen Körpern fort; es ist keine wesentliche Störung eingetreten und die Form ist hier ebenso gut durch eine besondere Gruppirung der festen Theilchen des Körpers verursacht, wie dies in anderer Weise bei der gewohnten Anordnung der Fall sein muss.

Ich komme nun zu abnormalen Kugelbildungen. Unter diesen spricht eine Gruppe gegen, die andere für die zähflüssige Beschaffenheit des Protoplasma; zwischen beiden aber gibt es Übergänge.

So können zunächst die kugelförmigen Bildungen in dem Protoplasma der Elodeablattzellen, welche auf schwache Einwirkung des elektrischen Stromes hin entstehen, nicht als halbflüssige Körper aufgefasst werden, denn sie unterscheiden sich von dem normalen Protoplasma durch nichts, als dass sie in verschiedenen Richtungen des Raumes gleiche Ausdehnung

---

schwellungen sind nicht durch Wasseraufnahme hervorgebracht; es findet nur eine andere Orientirung der kleinsten Theilchen statt.

Ich komme daher vorläufig zu dem Schlusse, dass der brechbarere Theil des Spectrums, isolirt angewandt, eine directe Wirkung auf das Protoplasma ausübt.

Reinke (Botanische Zeitung. 1871. Nr. 46 und 47), welcher keine Wirkung farbigen Lichtes auf das Protoplasma beobachtete, glaubte auf Grund seiner negativen Resultate über frühere Arbeiten von Borscows und Lürssen den Stab brechen zu dürfen; selbst Sachs hat dies gethan (Lehrbuch der Botanik IV. p. 723).

Auf diesen Gegenstand werde ich erst dann wieder zurückkommen, wenn meine Arbeiten über die Chlorophyllkörnerwanderung beendigt sind.

Download from The Biodiversity Heritage Library http://www.biodiversitylibrary.org/; www.biologiezentrum

besitzen, und von dem ersteren wissen wir bestimmt, dass dasselbe nicht als dicklicher Schleim bezeichnet werden kann.

Bei stärkerer Einwirkung des elektrischen Stromes [1], ebenso bei Druckwirkungen entstehen in den verschiedensten Zellen, wie dies bereits bekannt, Vacuolen; diese Vacuolen sind ihrer Gestalt nach ebenfalls Kugelbildungen, obwohl sie von den vorhin genannten kugelförmigen Körpern wesentlich verschieden sind. Diese Vacuolen werden gewöhnlich allmälig grösser, bis sie in der Zellflüssigkeit zerplatzen oder zerfliessen. War die Einwirkung nicht zu stark, so verschwinden sie nach einer Ruhepause wieder und das Protoplasma kann in seinen normalen Zustand zurückkehren. Es zeigt sich nun nirgends deutlicher als wie gerade bei den elektrischen Eingriffen, dass die Vacuolen nicht geeignet sind, sich über die physikalische Beschaffenheit des Protoplasma Rechenschaft zu geben. Die Vacuolen lassen sich successive bilden. Bei Protoplasmafäden entstehen aus zunächst äusserst schmalen, meist langgezogenen Wasserräumen ellipsoidische Körper, endlich Vacuolen. Hat die Elektricität einen gewissen Grad ihrer Stärke nicht überschritten, so können die Kugeln wieder verschwinden, die alte Anordnung tritt wiederum ein. Sehr oft aber ist die Vacuolenbildung das Zeichen des Todes. Jedenfalls befinden wir uns hier an der Grenze, wo die Molecularstructur und mit ihr der feste Aggregatzustand des Plasmagerüstes zerstört werden kann. Dass die Isolirung der Vacuolen meist mit tödtlichem Ausgange verbunden ist, beweist, dass wir es mit bedeutenden Störungen der Organisation zu thun haben, und sobald dies richtig ist, kann auch nur von dem Aggregatzustande derjenigen Körper die Rede sein, welche aus dem gesunden Protoplasma hervorgehen. Die Vacuole selbst, möge sie auf irgend welche störende Eingriffe hin auftreten,

---

[1] Man liebt es, zu behaupten, dass die Veränderungen des Protoplasma durch elektrische Eingriffe, durch mechanische Einflüsse, durch Wärme, Kälte, durch chemische Agentien gleich, mindestens ähnlich seien. Dies ist streng genommen nur insoferne richtig, als zunächst die Bewegungserscheinungen sistirt werden, bei stärkeren Einwirkungen stets der Tod der Zellen erfolgt. Die Art der Veränderungen vom ersten Moment an bis zum Tode ist aber meist sehr verschiedener Natur.

Download from The Biodiversity Heritage Library http://www.biodiversitylibrary.org/; www.biologiezentrum

hat immer das Bestreben, sich abzurunden. Hat das störende Agens stark eingewirkt, so vergrössert[1] sie sich allmälig in der nämlichen Flüssigkeit, in der das Protoplasma lebte; endlich zerplatzt sie, oder sie zerfliesst; es liegt hier kein Grund für eine andere Annahme vor, als dass dieses immer steigende Anschwellen durch einen einfachen Diffusionsprocess veranlasst wird; die Materie, welche die Diffusion einleitet und den Grund der Vergrösserung der Vacuole in sich trägt, wird nach meiner Vorstellung langsam von den umhüllenden Plasmatheilen nach innen — ebensogut auch nach aussen — abgegeben. Diese Abgabe von diffusionsfähigen Stoffen, in Folge deren eine hochgradige Zunahme der Vacuolen auftritt, findet nicht statt, oder es geschieht dies nur in geringem Massstabe, wenn keine Destruction des Protoplasma eintritt. In diesem Falle eben gewinnt nach kurzer Zeit das Letztere wieder die Fähigkeit, das Wasser der Vacuolen zu entfernen, es herauszupressen. Das Protoplasma verhält sich dann wiederum vollkommen normal.

Man kann das Auftreten von Vacuolen innerhalb des Protoplasma auf Reize hin, das sind eben Wirkungen des Druckes, der Elektricität etc., als Ermüdung desselben auffassen. Bei dieser Betrachtung ist das wechselnde Imbibitionsvermögen des Protoplasma gänzlich ausgeschlossen.

Nach dem hier Niedergelegten kann die Kugelbildung, veranlasst durch das Auftreten von Vacuolen innerhalb eines gestalteten Protoplasmakörpers nicht zur Erkennung des Aggregatzustandes des normalen Protoplasma verwendet werden, da hierbei entweder eine moleculare Destruction, zum mindesten eine Ermattung desselben eintritt.

Unter dieselbe Rubrik sind auch die als halbflüssige Körper sich präsentirenden Protoplasmaklumpen zu rechnen, welche in den verschiedensten Zellen durch Einwirkung von Druck entstehen. Diese zähflüssige Beschaffenheit zeigt es erst dann, wenn eine gewisse Grösse des Druckreizes eingewirkt hat.

Ist aber einmal die Thatsache als richtig zugegeben, dass das feste Gerüst des Protoplasma durch Reize einen flüssigen

[1] Primordialschläuche, die duch Glycerin bei Vallisneriablattzellen contrahirt wurden, dehnten sich lediglich durch das Hindurchleiten eines Inductionsstromes wiederum aus.

Download from The Biodiversity Heritage Library http://www.biodiversitylibrary.org/; www.biologiezentrum

Aggregatzustand annimmt, so ist es nurmehr noch ein kleiner Schritt, das sichtlich Flüssige desjenigen Protoplasma, welches unter normalen Verhältnissen durch selbsthervorgebrachten Druck oder Zug einen Reiz auf die bestimmt gestaltete Masse ausübt, als eine Ermattung des gereizten Theiles zu deuten, als einen momentanen Übergang des gestalteten Protoplasma zu einem mehr oder weniger flüssigen.

Wenn Schwärmsporen, durch Hindernisse veranlasst, ihre Endpartien in lange Fäden ausziehen, und die letzteren beim endlichen Zerreissen in die Gesammtmasse überfliessen, ohne eine Erhabenheit zu verursachen, so kann ich dies nach meinen Beobachtungen nicht anders erklären, als dass der gezogene Theil gereizt wird und hierbei eine moleculare Änderung eintritt, und ebenso scheint dies der Fall zu sein, wenn chemische Agentien das Protoplasma und den Primordialschlauch contrahiren, wobei einzelne Partien ebenfalls vollkommen den Eindruck einer Flüssigkeit machen; auch in dem letzteren Falle kommen ausser dem chemischen Reize Druck- und Zugwirkungen in Betracht. Ebenso gehört auch hierher die Kugelbildung beim Austreten des Protoplasma in Wasser u. s. w.[1]

Um noch einmal kurz das Vorige zusammenzufassen, zeigt sich überall unzweideutig die flüssige oder zäheflüssige Beschaffenheit des Protoplasma dort, wo, wenn auch noch so geringe äussere künstlich veranlasste oder innere Reize stattgefunden haben. Der durch Reize resultirende Körper von zäheflüssiger Beschaffenheit muss eine enorme Anzahl verschwindend kleiner fester Partikelchen enthalten, welche durch Zerfallen des Protoplasmagerüstes entstanden sind.

Wir drücken diese, sich aus dem Früheren ergebende Folgerung, zu welcher die Thatsachen zwingen, am besten so aus:

Die festen aneinandergereihten Protoplasmamoleküle innerhalb eines Protoplasmaleibes, welche wir anzunehmen gezwungen waren, haben die Eigen-

---

[1] Ähnliche Betrachtungen findet man auch bei Stricker (Lehre von den Geweben p. 17), welcher vorzugsweise auf die Arbeiten Brücke's, Neumann's und Golubew's hinweist.

Download from The Biodiversity Heritage Library http://www.biodiversitylibrary.org/; www.biologiezentrum

schaft durch geringe Veranlassungen verschiedener Art theilweise oder vollständig sich zu isoliren und kann, wenn die Umlagerung derselben nicht einen gewissen Werth überschritten hat, die Aneinanderreihung in der ursprünglichen Weise nach Aufhören des Reizes wieder eintreten.

Hiermit steht nun im Zusammenhange, dass das gereizte Protoplasma eine enorme Dehnbarkeit besitzt, welche dem ungereizten nicht zugesprochen werden kann. Die Eigenschaft einer merklichen Dehnbarkeit ist erst durch eine moleculare Umlagerung möglich gemacht.

Die Eigenschaft der Elasticität muss das Protoplasma besitzen; dieselbe kann aber niemals zur Anschauung gebracht werden, weil bei jedem Versuche, dieselbe zu demonstriren, die Molecularstructur tiefgehend verändert wird, weil dasselbe durch Zug und Druck flüssig wird.

Was die relative Dichtigkeit der Protoplasmakörper anbelangt, so ist es unter normalen Umständen immer der Fall dass der Primordialschlauch und die bei freilebenden Körpern vorhandene und demselben entsprechende Hautschichte dichter ist als der übrige Körper; der Primordialschlauch selbst kann aber auch durch äussere Agentien veranlasst werden, seine Theile plötzlich zu verschieben; so bei allen Schlauchcontractionen, die nicht mit einer theilweisen Gerinnung oder chemischen Umänderung verbunden sind. Die hochgradige Dehnbarkeit kommt ihm ebenfalls nur in gereiztem Zustande, also in abnormalem zu.

Wie Hanstein[1] will, ist das Protoplasma nicht nur nach aussen, sondern auch nach innen gegen den Zellraum hin mit einer ähnlichen, wenn auch vielleicht noch zarteren Hautschichte begrenzt. Hanstein hat diese Annahme gemacht, weil sie für seine Erläuterungen[2] der Bewegungserscheinungen des Protoplasma absolut nothwendig war. Zu dieser Annahme sind wir

[1] Sitzungsberichte der niederrheinischen Gesellschaft in Bonn 1870. p. 223.

[2] Hanstein steht hierin mit Brücke auf einem ähnlichen Standpunkte; beide haben eine Auffassung der Bewegungserscheinungen, welche sich nicht halten lassen wird. Flora 1873. Velten.

Download from The Biodiversity Heritage Library http://www.biodiversitylibrary.org/; www.biologiezentrum

nicht gezwungen; ja nehmen wir doch diese hypothetische Hautschichte trotz der früher genannten Gegengründe an, so kommen wir zu folgendem Schlusse: Bei den Bewegungen des Protoplasma kommen ebenso oft Theile dieser hypothetischen Hautschichte in das Innere des Protoplasmaleibes, als umgekehrt Theile aus dem Innern nach aussen kommen. Dies lehrt beispielsweise die Vereinigung von Plasmafäden, welche der Länge nach verschmelzen ebensowohl als die Bildung der Fäden. Sind alle an die Zellflüssigkeit grenzenden Partien mit einer Haut umgeben, so müssen auch endgiltig alle an noch so kleine Vacuolen grenzenden Theilchen, ja an die von mir beschriebenen Insuccationscanälchen müssten Hautschichten grenzen. Denken wir uns wie vorhin angedeutet, dass Hautpartien in das Innere gerathen, so könnte es sich leicht ereignen, dass mehr Hautschichten in der Zelle enthalten sind, als eigentliches Protoplasma. Es hat diese Annahme bei dem hier vertretenen Thatbestande Consequenzen, zu welchen sich Niemand gern verstehen wird.

Die grössere Dichtigkeit einer membranartigen Begrenzungsschichte gegen aussen, namentlich gegen gewöhnliches Wasser, muss unter allen Umständen zugegeben werden. Hofmeister[1] stellt sich diese grössere Dichtigkeit als eine hochgradige Verdichtung der Theilchen an der Oberfläche vor, wie sie in geringem und nicht sichtbarem Grade bei jedem tropfbarflüssigen Körper überhaupt vorkommt.[2] Zwischen diesen beiden Erscheinungen finden wir keinen Causalzusammenhang, denn das Eine ist eine organisirte Hautschichte; dies zeigte ja bereits die von Hofmeister[3] gesehene feinere Structur der Hautschichte der Plasmodien; dasselbe beweist auch die von Strasburger[4] neuerdings beobachtete, aus stäbchenförmigen Elementen gebildete Hautschichte der *Spirogyra arthospira* Naeg., deren radiale Structur schon beim allerersten Einwirken von wasserentziehenden Mitteln zerstört wird, wodurch die früher aus-

---

[1] Hofmeister. Pflanzenzelle p. 3.

[2] Hagen. Über die Oberfläche von Flüssigkeiten. Poggendorffs Annalen. 1846. p. 1.

[3] Hofmeister. Pflanzenzelle p. 24.

[4] Strasburger. Zellbildung und Zelltheilung p. 61 und 62.

Download from The Biodiversity Heritage Library http://www.biodiversitylibrary.org/; www.biologiezentrum

gesprochene Hypothese über die Destruction des Protoplasma nur unterstützt wird; anderseits beruht die grössere Dichtigkeit der Flüssigkeitsoberflächen lediglich auf Oberflächenspannung. Hofmeister ist auch der Ansicht[1], die peripherische, hautähnliche Schichte sei nach innen nicht scharf abgegrenzt; sie ginge in die körnige, minder dichte Masse des Innern allmälig über; eine Abtrennung der peripherischen Schichte von der inneren Masse sei am lebenden Protoplasma nicht ausführbar. Was diesen allmäligen Übergang anbelangt, so ist dies ebenso oft der Fall, als das Gegentheil zutrifft. Sehr wenig dichte Massen grenzen häufig an die Hautschichte, während tiefer gelegene dichter sein können. An eine vollkommen ringsherum gehende Abtrennung ist zwar niemals zu denken, doch geschieht eine theilweise Trennung, wenn man das Experiment auszuführen der Pflanze selbst überlässt. So werden grössere Partien des Primordialschlauches vollkommen von Protoplasma entblösst, wenn dasselbe bei Elodeablattzellen sich an die Seitenwände der parallelepipedischen Zellen begibt, um sich zur Rotation anzuschicken.[2]

Die Dichtigkeit des Protoplasma ist, abgesehen von der Hautschichte, in verschiedenen Tiefen verschiedenwerthig und wechselnd; ein bestimmtes Gesetz lässt sich im Allgemeinen nicht ableiten. Bei dem complicirten Baue desselben kann man nicht sagen, dass da, wo die Vacuolen auftreten, für alle Fälle auch die geringste Cohäsion herrsche, und es ist auch noch nicht erwiesen, dass eine grössere Beweglichkeit des Protoplasma unbedingt auch mit einer entsprechend geringeren Cohäsion zusammenhängen müsse.

---

[1] Hofmeister p. 24.
[2] Velten. Flora 1873. p. 100.